

Índice de sitio y tablas de crecimiento para plantaciones jóvenes de *Tectona grandis* L. en la Unidad silvícola Guisa. Granma

Ilya García Corona¹
David Fidalgo Jacas²
Maricela Fria Tamayo³
Edilio Aldana Pereira⁴

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en las plantaciones de *Tectona grandis* L. de la Unidad Silvícola Guisa, provincia Granma con el objetivo de obtener tablas de rendimiento o de producción. Se aplicó un muestreo sistemático donde se levantaron 74 parcelas temporales de 200 m², se tomaron todos los datos de interés para la identificación de las calidades de sitio y la construcción de las tablas de producción. Del procesamiento matemático-estadístico se obtuvo la clasificación del potencial productivo de las plantaciones mediante la definición de cinco índices de sitio y las tablas de rendimiento para cada uno de los índices, posteriormente se realizó una valoración económica para cada una de las plantaciones establecidas en el área, para la edad de corta. El trabajo tiene gran valor por proporcionar herramientas para el análisis, el manejo de estas plantaciones y la posterior toma de decisiones.

ABSTRACT

This work was realized in the plantation of *Tectona grandis* L. belonging to the Silvicultural Unit of the Guisa, of the province of Granma with the objective of obtaining tables of yield or production. By means of systematic sampling, 74 temporary parcels of 200 m² was surveyed, and data were taken relating to the statically process, the classification of productive potential of plantation through the definition of 5 site index, and the tables of yields for each index was realized, an economic evaluation was further

¹ MSc Ciencias Forestales, Docente Profesora Auxiliar de la Universidad de Pinar del Río. Calle C (final) Edif. 76 Apto. A-4. Reparto Hermanos Cruz. Pinar del Río. Cuba. Correo electrónico: ilia@af.upr.edu.cu

² Ingeniera Forestal Estación Experimental Forestal Guisa. Calle Luis Ángel Hechavarría No. 37-A Reparto Nueva Guisa. Guisa. Granma. Cuba Correo electrónico: efguisa@eimagr.co.cu

³ Ingeniera Forestal. Docente Profesora Asistente de la Universidad de Pinar del Río. Martí No. 270 final. Pinar del Río. Cuba. Correo electrónico: mfria@af.upr.edu.cu

⁴ Dr. Ciencias Forestales, Docente Profesor Titular de la Universidad de Pinar del Río. Calle 5ta. (final) Edif. 37 Apto. B-6 Reparto Hermanos Cruz. Pinar del Río. Cuba correo electrónico: aldana@af.upr.edu.cu

realized for the last year of existence. This work provides tools for the analysis, the management of the plantations and the future decision marking.

INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales se han convertido en un área de fuerte interés en el escenario mundial debido a las continuas y altas tasas de deforestación en el trópico y al gran número de especies que se extinguen, como resultado de la degradación y destrucción del bosque que puede significar la desaparición de recursos biológicos potencialmente valiosos.

Estos bosques están entre los ecosistemas más ricos del mundo en términos ecológicos, biológicos, económicos y sociales. Precisamente por el valor que poseen, están surgiendo distintos esfuerzos por revertir las tendencias de deforestación mediante la conservación, preservación y manejo sostenible.

Se vuelve imperativa la búsqueda de herramientas que apoyen el manejo forestal sostenible de los bosques de manera que ayuden tanto a satisfacer la demanda de los productos del bosque, así como a cumplir la conservación del medio ambiente (Larrére, 2000).

Para poder satisfacer las aspiraciones planteadas, existen tres direcciones principales: la agrosilvicultura, la agricultura urbana y las plantaciones forestales con diversos fines (FAO, 1994).

Con el triunfo de la revolución en nuestro país se iniciaron numerosos planes de reforestación, los cuales han implicado que en la actualidad un por ciento significativo de nuestros bosques esté formado por plantaciones que son necesario manejar de forma sostenible (PCC, 1987).

Se han realizado importantes investigaciones con especies *Pinus caribaea*, *Pinus tropicalis*, *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus* sp., y *Hibiscus elatus*, las cuales posibilitan su manejo sobre una base científica ya que se puede contar con modelos matemáticos para el cálculo de variables de difícil medición, tablas de volúmenes totales y por surtidos, clasificación de sitios y tablas de producción, por lo que se puede planificar el manejo silvicultural de forma óptima y así alcanzar producciones superiores en cantidad y calidad.

La clasificación de los sitios es indispensable para la fijación racional de la meta de producción y el turno constituye la base para la elaboración de las tablas de rendimiento que poseen gran valor para la planificación del manejo general (Alder,1980).

La realización de estudios de crecimiento y rendimiento en las plantaciones con fines de producción maderera, son la vía para la obtención de la información anteriormente expuesta.

El problema que se plantea es que no existen tablas de rendimiento para las plantaciones de *Tectona grandis* en la Unidad Silvícola Guisa, lo que torna engorroso y difícil obtener datos de incrementos de las variables dasométricas, lo que ha motivado a que se realice esta investigación. De aquí planteamos como hipótesis que si se elaboran las tablas de rendimientos para la especie *Tectona grandis* en la Unidad Silvícola Guisa, donde se tenga en cuenta: calidad de sitio, altura dominante, diámetro a uno treinta y la Norma ramal 595 como reguladora de densidad, entonces se disponen de herramientas que faciliten y ayuden la obtención de la información de estas plantaciones.

Por lo anterior nuestro objetivo es obtener tablas de producción para las plantaciones jóvenes de *Tectona grandis*. L.

Materiales y métodos

El trabajo investigativo se realiza en el patrimonio de la Unidad Silvícola Guisa, ubicada en el municipio del mismo nombre, al suroeste de la provincia Granma. La misma limita al norte con los municipios de Jiguaní y Bayamo, al sur con el municipio de Guamá, al este con Tercer Frente, ambos de la provincia de Santiago de Cuba y al oeste con el municipio de Buey Arriba provincia de Granma.

Características físico-geográficas.

✓ **Clima:**

Los datos climáticos de este municipio se refieren a los de la Estación Meteorológica Gran Piedra, los cuales se han tomado en otros trabajos como los representativos de la Sierra Maestra. De acuerdo a ello, la precipitación por cada desnivel de 100 m de altura es entre 75 y 100 mm, ocurriendo la máxima entre los meses de mayo y octubre y la mínima entre noviembre y abril. Sin embargo las temperaturas presentan valores medios anuales en relación inversa a la altura, o sea por cada desnivel altitudinal, la

temperatura varía 0,6 °C, con una amplitud entre 15,1 y 24,7 °C, registrándose las mínimas de 14 a 22 °C en el período de diciembre y enero y las máximas de 17 a 25 °C en el período de julio y agosto.

✓ **Relieve:**

Por las características de su relieve pertenece al Plan Turquino y presenta altitudes medias de hasta 1300 m.s.n.m. La Unidad Silvícola cuenta con diferentes tipos de relieve:

Zonas que pueden diferenciarse:

-Premontañas (hasta 400 m.s.n.m), la cual se distribuye por toda la zona norte del municipio y en dirección Este-Oeste, estando constituida por materiales ígneos en sus partes inferiores y calcáreos, en sus partes superiores.

-Montaña pequeña, la expresión en el relieve de esta unidad fisiográfica está representada por aquellas elevaciones que alcanzan hasta 700 m.s.n.m aproximadamente, en la dirección Este-Oeste desde la loma "Los Negros" hasta el río Bayamo.

-Montaña baja (hasta 1200 m.s.n.m), este paisaje forma parte del sistema montañoso en cadena de la Sierra Maestra, estando representado dentro del municipio por numerosos estribos que parten de la división de las aguas (firme de la Sierra Maestra) hacia el norte, los cuales dividen numerosas subcuencas que forman la gran cuenca del río Bayamo.

✓ **Hidrología:**

La hidrología del área está representada por los ríos Bayamo, Oro, Diablo, La Plata, Guamá, Guisa y sus respectivos afluentes. Presentando estos una corriente constante pero irregular en sus cursos inferiores, corroborándose por la formación de trenzas en el río Bayamo por la zona de Monjará y el Plátano.

Por otro lado estos ríos en sus cursos superiores han formado profundos valles, que en ocasiones fluyen a través de líneas de fallas. Actualmente el río Guisa ha sido represado (capacidad del embalse 40 millones de m³), lo cual implica un gran trabajo de protección de las riveras y el vaso de los embalses a fin de disminuir al mínimo el asolvamiento y aumentar consecuentemente la vida útil de la presa.

Metodología para la toma de información.

Para la realización de este trabajo se emplearon las plantaciones de *Tectona grandis* de la Unidad Silvícola Guisa, donde se levantaron a través de un muestreo sistemático 75 parcelas temporales de 200 m² (20 m x10 m), este levantamiento se realizó donde la masa arbórea era más representativa, para ello se necesitaron los siguientes medios: cordeles, estacas de madera y tizas, por el método de forcipulación total se midieron los diámetros a 1.30 metros sobre el nivel del suelo de todos los árboles y las alturas correspondientes con el Hipsómetro de Haga.

Para el procesamiento de los datos y presentación de la información, fueron empleados sistemas computarizados representados a través de los siguientes Software:

- Procesador de Texto Microsoft Word.
- Tabulador electrónico Microsoft Excel.
- Procesador estadístico SPSS.

Calidad de sitio.

Para conocer los índices de sitio, se tomó como criterio, el valor de la altura dominante (h_o) en cada parcela de muestreo (el equivalente a los cien árboles más gruesos por hectáreas) Andrulot (1972); Keogk, (1979); Wright, (1983) y García (1986); citado por Peñalver (1991). Construyéndose mediante análisis de regresión un modelo matemático de crecimiento de la altura dominante en función de la edad, los datos de las 74 parcelas de muestreo se ajustaron al modelo matemático de crecimiento conocido como ecuación de Schumacher:

$$H_o = H_{\max} \exp^{(b/E^k)}$$

Donde:

h_o –Altura dominante;

h_{\max} –Altura máxima que alcanza la especie;

Exp-Base del logaritmo neperiano;

E- Edad;

k -Parámetro a ser ajustado.

Alder (1980), aseguró que cuando k es un valor conocido entonces a y b pueden ajustarse por regresión lineal, cuando ese valor se desconoce los parámetros se estiman por regresión no lineal. Pero el valor de K también puede elegirse por

aproximaciones ya que en la mayoría de las especies su valor oscila entre 0.2 y 2, buscando aquel que represente el cuadrado medio del error más pequeño.

Se realizó el ajuste de la ecuación a través de logaritmos para permitir el ajuste mediante el método de mínimos cuadrados, utilizando el método de regresión paso a paso para determinar la constante k.

Con la ayuda del procesador estadístico SPSS, teniendo como base la curva guía y la dispersión de los valores medios de alturas medias dominantes en particular los extremos, se fijaron los valores de índices de sitio necesarios para abarcar la gama de calidades presente a la edad base que se fije.

Para el ajuste de las curvas de índice de sitio, se emplearon las técnicas matemáticas, además el método de regresión múltiple con un modelo simple de crecimiento en altura, empleando la ecuación de Schumacher:

$$h_o = h_{\max} * \exp^{(b / E^k)}$$

$$\ln h_o = \ln h_{\max} + b / E^k$$

La ecuación anterior fue el resultado de la técnica logarítmica de base e (Ln).

Después del ajuste se determinó el parámetro (a) de la curva que pase por el índice de sitio.

$$a = \ln IS - b / E^k$$

Donde:

IS - Índice de sitio.

E - Edad índice.

B - Pendiente de la ecuación.

Tablas de producción

En la construcción de las tablas de rendimiento se tuvo en cuenta las características de la especie, las posibles metas de producción y los índices de sitio. Como la *Tectona grandis* posee un crecimiento relativamente rápido se establecieron intervalos de tres años. Todas las variables manejadas en las tablas quedaron relacionadas o ajustadas en función de la altura dominante, utilizándose los datos correspondientes a los registros de las 75 parcelas temporales.

El grado de lignificación que alcanza la madera de *Tectona grandis* que la hace apta para su uso es a partir de 12 años (Álvarez, 2004), teniendo en cuenta esto y los resultados en cuanto a crecimiento se decidió fijar el turno en 25 años asumiendo como meta de producción madera rolliza. Se utilizó como edad patrón 25 años.

El modelo de crecimiento y rendimiento que se propone construir está compuesto por un sistema de ecuaciones para la predicción de los valores de las variables que determinan el desarrollo de las plantaciones.

Este se estructura en dos conjuntos de ecuaciones, una para la estimación de la calidad del sitio mediante el sistema de ecuaciones de índice de sitio y el otro para la estructura dimensional del rodal y el rendimiento de la plantación.

Las variables que caracterizan el incremento son en función de la altura dominante (h_0) pues constituye una variable combinada que expresa potencial productivo y tiempo.

La estructura dimensional del rodal depende de la distribución diamétrica y de la densidad, utilizando para el cálculo del volumen la ecuación.

$$V = ad_{1.30}^b h^c$$

Donde:

a, b y c son coeficientes.

En esta ecuación se sustituye el valor del diámetro calculado y la altura media (\bar{h}) obtenida en función de la altura máxima (h_0), donde la altura media quedó definida por la siguiente ecuación:

$$\bar{h} = a + b h_0$$

Los demás parámetros dasométricos se definieron de la siguiente forma:

Número de árboles $G = \frac{\pi}{4} d_{1.30}^2 N$ donde G se definió en función de la NRAG 595 con una densidad de un 0,6%, así mismo el diámetro se obtuvo en función de la altura máxima

$$d_{1.30} = a + b h_0 .$$

El incremento medio anual (IMA) se determinó mediante la ecuación: $IMA = \frac{V_{Total}}{t}$

El tabulador electrónico Excel y el procesador SPSS permitieron la simulación del crecimiento y el rendimiento de la plantación en diferentes calidades de sitio.

Valoración económica

En la realización de un análisis económico sólido la principal dificultad está en la información técnico económica disponible, pues la existente está generalizada para las latifolias. Se realizó un análisis económico del último año para todos los índices de sitio, pues en el último año la especie puede rendir surtidos de mayores dimensiones que es el objetivo de estas plantaciones, se tuvo en cuenta los siguientes costos:

Establecimiento de una hectárea de bosque de latifolia (2500 plantas/ha, con preparación animal del terreno):

Producción de posturas: \$ 174.03

Preparación del terreno: \$ 367.3

Plantación: \$ 108.54

Discusión de resultados

El resultado de la ecuación media del análisis de regresión aplicado para el ajuste del modelo de crecimiento seleccionado usando la altura dominante es:

$$ho = 2,343 * \exp (2,303 / E)$$

El valor de k es uno ya que le corresponde el valor más pequeño del cuadrado medio del error.

La ecuación de Schumacher obtenida, es la guía para el establecimiento de la curva para la *Tectona grandis* en la Unidad Silvícola Guisa, que diferencia las calidades de sitio. Observándose el mismo en la figura que a continuación aparece.

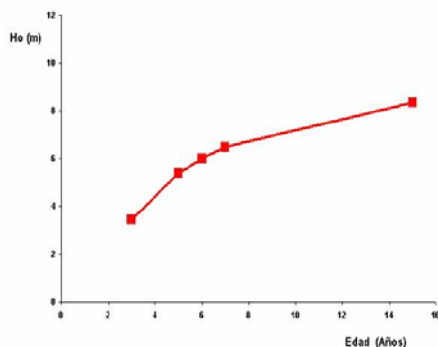


Fig. 1 Curva guía para los índices.

Los parámetros estadísticos de la ecuación, entre ellos están los coeficientes de correlación y determinación con altos valores justifica el buen ajuste de la ecuación. Después del ajuste se trazaron las curvas de índice de sitio, utilizándose la edad índice 25 años. Para la determinación del coeficiente para cada índice de sitio, se sustituyó la edad índice, la pendiente de la ecuación general ($b=-2,303$) y los respectivos índices en la ecuación: $a = \ln IS - b/E^k$

Resultando el sistema de ecuaciones para la determinación de la calidad de sitio.

Índice de sitio (IS)	Ecuación
5 m	$\text{Ln}h_o = 1.82 + (-2.303)/\text{Edad}$
7 m	$\text{Ln}h_o = 2.29 + (-2.303)/\text{Edad}$
9 m	$\text{Ln}h_o = 2.61 + (-2.303)/\text{Edad}$
11 m	$\text{Ln}h_o = 2.85 + (-2.303)/\text{Edad}$
13 m	$\text{Ln}h_o = 3.05 + (-2.303)/\text{Edad}$

Un sistema de curvas a partir de nuestros datos, lo que nos ofrece el resultado de cinco índice de sitios

Este sistema expresa la calidad de sitio en valores absolutos de altura dominante permitiendo la comparación con otras especies y dentro de la misma especie en otras regiones.

Las curvas de crecimiento obtenidas permiten clasificar las plantaciones para su productividad potencial, en la figura se puede observar lo antes expuesto:

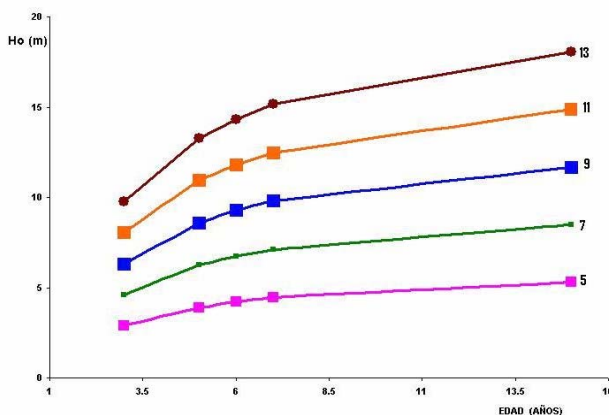


Fig.2 Calidades de sitio para las plantaciones de *Tectona grandis*

Las curvas de índice de sitio propuestas en este trabajo permiten diferenciar claramente la calidad de los mismos y de esta forma clasificar las plantaciones según su productividad potencial, por lo que se considera que el estudio sea de utilidad en la aplicación tanto de manejos silviculturales como el establecimiento de los turnos para el aprovechamiento final.

Tablas de rendimiento o de producción

La estructura del modelo de crecimiento y rendimiento propuesto para la teca, se estableció para intervalos de dos años, debido al rápido crecimiento que la misma manifiesta.

Las edades definidas van desde 5 hasta 25 años con intervalos de 5 años, cada una de ellas fueron evaluadas en modelos de calidad de sitio, determinándose la altura promedio para los 5 índices de sitio.

Se realizaron análisis de regresión con el procesador estadístico SPSS, se realizaron comparaciones entre los diferentes modelos observándose que presentaban un buen ajuste, sirviendo las ecuaciones para la elaboración de las tablas de producción.

Para hallar la altura media (\bar{h}) en función de la altura dominante (h_o), el modelo utilizado fue: $\bar{h} = 0.348 + 0.936h_o$, con un coeficiente de correlación $r = 0.99$ y el coeficiente de determinación $R^2 = 0.95$ los cuales representan los valores más altos y la desviación estándar $S_x = 0.39$, más pequeña.

Para la determinación del diámetro ($d_{1.30}$) en función de la altura dominante (h_o) cuyo modelo es: $d_{1.30} = 0.986 + 2.272h_o$ con los valores de $r = 0.94$ y el coeficiente de determinación $R^2 = 0.88$ los cuales tienen los valores más altos y la desviación estándar más pequeña $S_x = 1.75$.

El área basal (G) se determinó en función también de la altura dominante (h_o) y el modelo utilizados es: $G = 7.548 + 3.014 \ln h_o$ con los valores de $r = 0.94$ y el coeficiente de determinación $R^2 = 0.88$, valores más altos y la desviación estándar pequeña $S_x = 0.74$.

El modelo de volumen presenta los valores de $r = 0.90$ y el coeficiente de determinación $R^2 = 0.80$, valores altos y una desviación estándar de 0.13 pequeña, este modelo también se determinó en función de la altura media y fue: $V = 4.567ho^{0.396}$.

El volumen extraído se calculó en función del número de árboles a extraer. En función de los valores del volumen total y la edad se calculó para cada índice de sitio los incrementos medios anuales (IMA).

Tablas de producción para la especie *Tectona grandis* de la unidad silvícola de Guisa.

Tabla No.1: Índice de sitio 5

Edad (años)	ho (m)	h (m)	d _{1.30} (cm)	N (árb/ha)	G (m ² /ha)	Vt (m ³ /ha)	Vext (m ³ /ha)	V.Total (m ³ /ha)	IMA (m ³ /ha/año)
5	4,8	3,0	5,4	2384	10,89	38,12	38,12	76,24	7,62
10	6,9	4,0	8,0	2120	11,89	47,97	18,64	66,61	6,66
15	8,4	6,5	9,0	1617	12,22	54,55	18,01	72,56	4,84
20	9,6	7,7	10,0	1342	12,39	58,18	0	58,18	2,91
25	10,8	8,8	11,6	1342	13,48	60,47	0	60,47	2,42

Tabla No.2: Índice de sitio 7

Edad (años)	ho (m)	h (m)	d _{1.30} (cm)	N (árb/ha)	G (m ² /ha)	Vt (m ³ /ha)	Vext (m ³ /ha)	V.Total (m ³ /ha)	IMA (m ³ /ha/año)
5	5,84	4,88	10,02	2101	12,51	67,13	67,13	67,13	13,43
10	8,10	6,05	12,87	1015	13,20	73,92	33,13	107,05	10,71
15	10,58	8,51	13,97	876	13,43	80,44	41,12	121,56	8,10
20	12,84	10,75	14,56	814	13,55	91,46	0	91,46	4,57
25	13,00	11,90	15,92	814	14,62	91,46	0	91,46	3,66

Tabla No.3: Índice de sitio 9

Edad (años)	ho (m)	h (m)	d _{1.30} (cm)	N (árb/ha)	G (m ² /ha)	Vt (m ³ /ha)	Vext (m ³ /ha)	V.Total (m ³ /ha)	IMA (m ³ /ha/año)
5	6,23	6,17	13,16	1845	13,27	50,42	50,42	100,84	14,0
10	9,84	8,68	16,82	1156	14,96	82,45	40,41	122,86	12,3
15	10,46	9,27	18,25	816	15,19	84,35	37,15	121,50	8,1
20	12,80	10,58	19,00	620	15,97	92,36	0	122,75	6,1
25	13,56	11,77	19,46	620	17,38	110,70	0	126,10	5,0

Tabla No.4: Índice de sitio 11

Edad (años)	ho (m)	h (m)	d _{1.30} (cm)	N (árbs/ha)	G (m ² /ha)	Vt (m ³ /ha)	Vext (m ³ /ha)	V.Total (m ³ /ha)	IMA (m ³ /ha/año)
5	8,61	7,47	16,30	1725	13,87	70,32	70,32	140,64	14,1
10	11,58	10,31	20,78	1230	14,16	94,66	60,32	154,98	15,5
15	13,34	12,03	22,52	839	15,80	98,40	66,51	164,91	11,0
20	14,75	13,41	23,44	616	14,91	101,21	0	101,21	5,1
25	16,32	15,64	24,01	616	16,98	113,50	0	113,50	4,5

Tabla No.5: Índice de sitio 13

Edad (años)	ho (m)	h (m)	d _{1.30} (cm)	N (árbs/ha)	G (m ² /ha)	Vt (m ³ /ha)	Vext (m ³ /ha)	V.Total (m ³ /ha)	IMA (m ³ /ha/año)
5	10,30	8,76	19,45	1532	14,37	94,23	94,23	188,46	18,85
10	13,32	11,94	24,74	918	15,07	114,91	59,21	174,12	17,41
15	15,23	13,79	26,79	610	16,30	118,38	68,36	186,74	12,45
20	17,70	14,24	27,88	412	17,42	132,65	0	132,65	6,63
25	19,00	15,51	28,55	412	19,01	143,65	0	143,65	5,75

En la tabla No.1 (IS = 5 m) representada por el peor sitio los incrementos después de los veinte años no son significativos, el diámetro (d_{1.30}) no supera los dos centímetros en cinco años y el incremento medio anual (IMA) decrece, lo cual implica que se puedan producir pérdidas económicas sino se realiza la tala después de los veinte años.

Los valores de las variables antes mencionadas mejoran considerablemente hasta llegar a la tabla No.5 (IS =13 m), los que nos demuestran una mejor correspondencia en cuanto a la edad y el diámetro.

Valoración económica.

En la Unidad Silvícola Guisa se manejaron los siguientes costos para cada índice de sitio, obteniendo madera rolliza como surtido final:

Índices de sitio	Volumen de madera rolliza, existente (m ³ /ha)	Ganancia por cada sitio
5	60,47	2992,06
7	91,46	4525,44
9	110,70	5477,44
11	113,50	5615,98
13	143,65	7107,8

Teniendo en cuenta que plantar una ha cuesta \$ 649,87 las ganancias aumentan considerablemente en el mejor de los sitios, de ahí que se haga hincapié en una buena selección.

Conclusiones

- El modelo de crecimiento $\ln ho = 2.343 + (-2.303)1/E^k$ fue el que mejor resultado proporcionó y sirvió como guía para la obtención del abanico de curvas que define los índices de sitio de la especie.
- Las plantaciones se encuentran en cinco calidades de sitio, las cuales quedan determinadas por el valor de la altura dominante, según el sistema de curvas de índice de sitio propuesto.

- Los modelos: $\bar{h} = 0.348 + 0.936 ho$

$$d_{1.30} = -0.986 + 2.272 ho$$

$$G = 7.755 + 3.014 \ln ho$$

$$V = 4.567 ho^{0.396}$$

Presentaron altos coeficientes de correlación y de determinación y desviación estándar pequeña, por lo cual se emplearon en la construcción de la tabla.

- Las plantaciones de *Tectona grandis* no han sido correctamente manejadas ya que existe poco incremento en el índice de sitio cinco.
- Las tablas de producción constituyen herramientas de gran valor para el manejo de la especie, no solo por los índices dasométricos en ellas reflejados, sino también por estar diseñadas como ficheros de cálculo que permiten simular diferentes situaciones en el manejo de la densidad y las edades.

Recomendaciones

- Teniendo en cuenta los índices de sitio, aplicar los tratamientos silvícolas correctamente para lograr incrementos considerables en el diámetro, área basal y volumen.
- El empleo de las tablas de producción de forma práctica, obtenidas en este trabajo.
- Clasificar las plantaciones de la especie a partir del modelo de crecimiento obtenido en este trabajo.

- Incluir en otros trabajos la modelación del perfil del fuste con el objetivo de profundizar en el análisis económico.
- Validar los modelos empleados en este trabajo para determinar en que medida los mismos se acercan a la realidad.

Bibliografía

PCC, 1987. Programa del Partido Comunista de Cuba. La Habana. Editora Política.

Aguirre, o. A y E. M. Zepeda(1985): Estimación de índices de sitio para *Pinus pseudoestrobis* Lind. Ciencia forestal No56, Vol. 10 (56):50-64.

Alder, D. (1986): Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento: FAO # 22 Vol.2.Roma. Editorial Argón.118 p.

Álvarez O, P(2001): Consulta personal.

Álvarez O, P. A, Julio C Varona Torres.(1988): Silvicultura. Ciudad de la Habana: Editorial Pueblo y Educación; 354 p.

Bàez, R y H. Gra (1980): Estudio dasométrico en *Casuarina equisifolia*. Tabla de volumen. Revista Forestal Baracoa V 18 (2) 47-52

Betancourt A (1983): Silvicultura especial de árboles maderables tropicales. Segunda Edición. Editorial Científico Técnica Madrid. España 279 p.

Bisse, J. (1988): Árboles de Cuba. Editorial Científico -Técnica. La Habana.188 p.

Bobko y Aldana Edilio. (1981): Ordenación de montes. Parte I y II. Unidad docente de ingeniería forestal. Centro Universitario de Pinar del Río 134 p.

Cuevas, G. 1992. Modelos de crecimiento para plantaciones de caoba *Swietenia macrophylla* King. Ciencia Forestal. Vol. 17 (71): 87-101

FAO (1994): El desafío de la ordenación forestal sostenible. Perspectivas de la *silvicultura* mundial. Roma.122pp.

Gadow, K.; Real, P. y Álvarez, J. 2003. Modelos de crecimiento y evaluación de los bosques. (en línea) Disponible en <http://www.acguanacaste.ac.cr/roehschildia.com> (consulta 15 de mayo del 2004).

García A., J. y Tella Ferreiro. (1986): Tablas de producción de densidad variable para *Pinus sylvestris* L. En el sistema Pirenaico. IN/A comunicaciones recursos naturales. (43): 17-28.

García C. Ilya y E. Aldana (2000): Tablas de rendimiento y crecimiento para el *Pinus caribaea* en Pinar del Río. SINFOR Abril.

Gómez L., J. A, Grau, J. M, Montoto, J. L(1998): Aplicaciones de tablas de producción a una repoblación de *Pinus sylvestris* L. En la Sierra central (6)75-85.

Gra, H.1990. Clasificación del sitio en *Pinus caribaea* en Cuba. Ciudad de la Habana IIF. 7 p.

Hopmans, P et al. (1998): Formulación de C&I para plantaciones forestales de los trópicos. Actualidad Forestal Tropical. Volumen 6 (3). 8-9.

Hufe, W. 2001. Modelos de crecimiento y rendimiento para los rodales de *Pinus oocarpa* en bosques naturales de Hondur. (en línea). Disponible en [htt.www.gobcan.es/medioambiente.com](http://www.gobcan.es/medioambiente.com) (consulta 29 de Mayo 2004).

Klepac, J. (1976): Crecimiento e incremento de árboles y masa forestales. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo. México. 365 p.

Larrère Catherine (2000): La biodiversidad (Fuente de toda vida). París. Ediciones UNESCO. 16 p.

Mackay, E. 1961. Fundamentos y métodos de la ordenación de montes . Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Primera parte. Segunda Edición Madrid 336 p.

Madrigal, A. (1999): Tablas de producción para los montes españoles. Edita. Fundación Conde del Valle de Salazar. 300 p.

Milán. A .C. (1983): Tratamientos silviculturales. NRAG 595. Norma Ramal. Ministerio de la Agricultura D.N.M.C.C. Miramar. 17 p.

MINAGRI (1996): Programa de desarrollo económico forestal 1997 -2015, ciudad de la Habana ,23 p.

Núñez y Jiménez (1986): Resumen Climático. Granma.

Padilla, G y Aldana, E (1999): Tablas dasométricas para plantaciones de *Pinus tropicalis* Morelet. Tesis en opción de grado científico de Doctor en Ciencias Forestales. UPR. 112 p.

Padilla, G. (1998): Índices de sitio para plantaciones de *Pinus tropicalis* en Pinar del Río. 2do Congreso Forestal. La Habana. 14 p.

Pardé y Bouchonh, J. (1994) 2da Reimpresión. Dasometría. Versión española. Editorial Paraninfo. Madrid. 382 p.

Peñalver, A. (1991): Estudios de crecimiento y rendimiento de las plantaciones de *Eucalyptus* sp de la provincia de Pinar del Río. Tesis en opción de grado científico de Doctor en Ciencias Forestales. UPR. 200 p.

Prodan .M; Meter, R.; Cox, F. y Real P. (1997): Mensura Forestal: Serie investigación y educación en desarrollo sostenible. San José. 586 p.

Sablón Mercedes (1980): Dendrología. CUPR. Facultad de Agronomía y Forestal. Unidad Docente de Ingeniería Foresta. Cajalbana. 119 p.

Zaldivar Angel, S (2000): Clasificación de sitios y tablas de producción para la especie *Hibicus elatus*. Simposio internacional "Manejo sostenible de los Recursos Forestales".UPR-IUFRO.